

Docket No.: 57810-082

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Hiroshi KANNO, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 26, 2003	:	Examiner:
	:	
For: LIGHT-EMITTING DEVICE HAVING A PLURALITY OF EMISSION LAYERS	:	

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

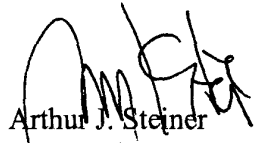
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-287418, filed September 30, 2002**

cited in the Declaration of the present application. A Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:prg  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: September 26, 2003**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

57810-082  
Kanno et al.  
Sept. 26, 2003  
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年    9 月 3 0 日  
Date of Application:

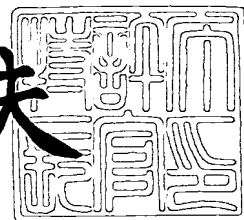
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 8 7 4 1 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 2 - 2 8 7 4 1 8 ]

出    願        人            三 洋 電 機 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    8 月 1 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 5 0 6 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 NYA1020004

【提出日】 平成14年 9月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H05B 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
三洋電機株式会社内

【氏名】 神野 浩

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
三洋電機株式会社内

【氏名】 浜田 祐次

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
三洋電機株式会社内

【氏名】 西村 和樹

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代表者】 桑野 幸徳

【代理人】

【識別番号】 100104433

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮園 博一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 073613

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001887

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光取り出し面から複数の層を介して形成された第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  を有する第 1 発光層と、

前記第 1 発光層に対して積層するように形成され、前記第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  とは異なる第 2 の極大波長帯域  $\lambda_Y$  を有する第 2 発光層とを備え、

前記第 1 発光層による発光と前記第 2 発光層による発光とを組み合わせ得られる発光色の発光強度が増強されるように、以下の式を用いて、前記第 1 発光層の発光位置から前記発光取り出し面までの第 1 光学膜厚範囲  $L_1$  と、前記第 2 発光層の発光位置から前記発光取り出し面までの第 2 光学膜厚範囲  $L_2$  とが設定されるとともに、前記複数の層、前記第 1 発光層および前記第 2 発光層の各膜厚が設定されている、発光素子。

$$L_1 = \lambda_X / 4 \times m_1 = n_{11}d_1 + n_{21}d_2 + \dots + n_{k1}d_k$$

$$L_2 = \lambda_Y / 4 \times m_2 = n_{12}d_1 + n_{22}d_2 + \dots + n_{k2}d_k$$

$m_1, m_2$ : 1 以上の正の整数 (ただし、 $m_1, m_2$  の小数部分は 0.2 以下または 0.8 以上)

$d_1, d_2, \dots, d_k$ : 各層の膜厚

$n_{11}, n_{21}, \dots, n_{k1}$ :  $\lambda_X$  における各層の屈折率

$n_{12}, n_{22}, \dots, n_{k2}$ :  $\lambda_Y$  における各層の屈折率

【請求項 2】 前記第 1 発光層の第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  は、赤色の極大波長帯域  $\lambda_1$  を含み、

前記第 2 発光層の第 2 の極大波長帯域  $\lambda_Y$  は、青色の極大波長帯域  $\lambda_2$  と緑色の極大波長帯域  $\lambda_3$  とを含み、

前記赤色、前記緑色および前記青色のそれぞれの極大波長帯域が増強されるように、前記第 1 光学膜厚範囲  $L_1$  と前記第 2 光学膜厚範囲  $L_2$  とが設定されているとともに、前記複数の層、前記第 1 発光層および前記第 2 発光層の各膜厚が設定されている、請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 3】 前記第 1 発光層は、オレンジ色発光層を含み、

前記第 2 発光層は、青色発光層を含み、

前記第 1 発光層と前記第 2 発光層とにより白色発光が得られる、請求項 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】 発光取り出し面から複数の層を介して形成された第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  を有する第 1 発光層と、

前記第 1 発光層に対して積層するように形成され、前記第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  とは異なる第 2 の極大波長帯域  $\lambda_Y$  を有する第 2 発光層とを備え、

前記第 1 発光層の第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  による発光スペクトルと前記第 2 発光層の第 2 の極大波長帯域  $\lambda_Y$  による発光スペクトルとが増強されるように、以下の式を用いて、前記第 1 発光層の発光位置から前記発光取り出し面までの第 1 光学膜厚範囲  $L_1$  と、前記第 2 発光層の発光位置から前記発光取り出し面までの第 2 光学膜厚範囲  $L_2$  とが設定されているとともに、前記複数の層、前記第 1 発光層および前記第 2 発光層の各膜厚が設定されている、発光素子。

$$L_1 = \lambda_X / 4 \times m_1 = n_{11}d_1 + n_{21}d_2 + \dots + n_{k1}d_k$$

$$L_2 = \lambda_Y / 4 \times m_2 = n_{12}d_1 + n_{22}d_2 + \dots + n_{k2}d_k$$

$m_1, m_2$ : 1 以上の正の整数 (ただし、 $m_1, m_2$  の小数部分は 0.2 以下または 0.8 以上)

$d_1, d_2, \dots, d_k$ : 各層の膜厚

$n_{11}, n_{21}, \dots, n_{k1}$ :  $\lambda_X$  における各層の屈折率

$n_{12}, n_{22}, \dots, n_{k2}$ :  $\lambda_Y$  における各層の屈折率

【請求項 5】 前記第 1 発光層の第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  は、赤色の極大波長帯域  $\lambda_1$  を含み、

前記第 2 発光層の第 2 の極大波長帯域  $\lambda_Y$  は、青色の極大波長帯域  $\lambda_2$  と緑色の極大波長帯域  $\lambda_3$  とを含み、

前記赤色および前記青色の極大波長帯域が増強されるように、前記第 1 光学膜厚範囲  $L_1$  と前記第 2 光学膜厚範囲  $L_2$  とが設定されているとともに、前記複数の層、前記第 1 発光層および前記第 2 発光層の各膜厚が設定されている、請求項 4 に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

**【 0 0 0 1 】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、発光素子に関し、特に、複数の発光層を含む発光素子に関する。

**【 0 0 0 2 】****【従来の技術】**

近年、情報機器の多様化に伴い、従来から一般に使用されている C R T に比べ、消費電力の少ない平面表示素子として、有機エレクトロルミネッセンス素子（有機 E L 素子）を用いたディスプレイの開発が期待されている。また、有機 E L 素子は、蛍光灯などに代わる無公害（水銀レス）の照明デバイスとしても期待されている。

**【 0 0 0 3 】**

有機 E L 素子では、電子注入電極とホール注入電極とからそれぞれ電子とホールとを発光層へ注入することによって、電子とホールとを発光層で再結合させて有機分子を励起状態にする。そして、この励起された有機分子が、基底状態へと戻るときに発する蛍光によって発光する。

**【 0 0 0 4 】**

また、近年、発光波長の異なる複数の発光層を含む有機 E L 素子が提案されている（たとえば、特許文献 1 参照）。この特許文献 1 には、オレンジ色を発光する第 1 発光層と、青色を発光する第 2 発光層とを含む有機 E L 素子が開示されている。この青色の発光とオレンジ色の発光とにより、白色の発光を得ることができ。

**【 0 0 0 5 】****【特許文献 1】**

特許第 3 2 8 7 3 4 4 号公報

**【発明が解決しようとする課題】**

近年では、実用化に向けて、有機 E L 素子の発光強度の向上が求められている。特に、白色の発光をカラーフィルタによりフルカラーにする場合には、カラーフィルタの光損失を考慮して、発光強度をより向上させる必要がある。

**【 0 0 0 6 】**

しかしながら、上記特許文献 1 に開示された有機 EL 素子では、青色発光を行う第 1 発光層とオレンジ色発光を行う第 2 発光層とで、互いに取り出し光の光強度を弱めあう場合があるという不都合がある。この場合、発光効率が低くなるという問題点がある。また、発光効率が低いと、電流を多く流す必要があるため、素子の劣化が早くなる。その場合、素子寿命が低下するという問題点もある。

#### 【0007】

また、上記特許文献 1 に開示された有機 EL 素子では、青色発光とオレンジ色発光との干渉によって、青色およびオレンジ色（赤色）の色純度を向上させることが困難であるという問題点がある。

#### 【0008】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の 1 つの目的は、発光効率および素子寿命を向上させることが可能な複数の発光層を含む発光素子を提供することである。

#### 【0009】

この発明のもう 1 つの目的は、色純度を向上させることが可能な複数の発光層を含む発光素子を提供することである。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、この発明の第 1 の局面による発光素子は、発光取り出し面から複数の層を介して形成された第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  を有する第 1 発光層と、第 1 発光層に対して積層するように形成され、第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  とは異なる第 2 の極大波長帯域  $\lambda_Y$  を有する第 2 発光層とを備えている。そして、第 1 発光層による発光と第 2 発光層による発光とを組み合わせ得られる発光色の発光強度が増強されるように、以下の式を用いて、第 1 発光層の発光位置から発光取り出し面までの第 1 光学膜厚範囲  $L_1$  と、第 2 発光層の発光位置から発光取り出し面までの第 2 光学膜厚範囲  $L_2$  とが設定されるとともに、複数の層、第 1 発光層および第 2 発光層の各膜厚が設定されている。

#### 【0011】

$$L_1 = \lambda_X / 4 \times m_1 = n_{11} d_1 + n_{21} d_2 + \dots + n_{k1} d_k$$



$$L_2 = \lambda_Y / 4 \times m_2 = n_{12}d_1 + n_{22}d_2 + \dots + n_{k2}d_k$$

$m_1, m_2$ : 1 以上の正の整数 (ただし、 $m_1, m_2$  の小数部分は 0.2 以下  
または 0.8 以上)

$d_1, d_2, \dots, d_k$ : 各層の膜厚

$n_{11}, n_{21}, \dots, n_{k1}$ :  $\lambda_X$  における各層の屈折率

$n_{12}, n_{22}, \dots, n_{k2}$ :  $\lambda_Y$  における各層の屈折率

この第 1 の局面による発光素子では、上記のように、第 1 発光層による発光と第 2 発光層による発光とを組み合わせ得られる発光色の発光強度が増強されるように、上記式 (1) を用いて、複数の層、第 1 発光層および第 2 発光層の各膜厚を設定することによって、第 1 発光層による発光と第 2 発光層による発光とを組み合わせ得られる発光色の発光強度を向上させることができる。その結果、複数の発光層を含む発光素子において、発光効率を向上させることができる。また、発光効率の向上によって、素子に多くの電流を流す必要がないので、素子の劣化を抑制することができる。これにより、複数の発光層を含む発光素子において、素子寿命を向上させることができる。

#### 【0012】

上記第 1 の局面による発光素子において、好ましくは、第 1 発光層の第 1 の極大波長帯域  $\lambda_X$  は、赤色の極大波長帯域  $\lambda_1$  を含み、第 2 発光層の第 2 の極大波長帯域  $\lambda_Y$  は、青色の極大波長帯域  $\lambda_2$  と緑色の極大波長帯域  $\lambda_3$  とを含み、赤色、緑色および青色のそれぞれの極大波長帯域が増強されるように、第 1 光学膜厚範囲  $L_1$  と第 2 光学膜厚範囲  $L_2$  とが設定されているとともに、複数の層、第 1 発光層および第 2 発光層の各膜厚が設定されている。このように構成すれば、赤色、緑色および青色のそれぞれの極大波長帯域を増強することができるので、容易に、第 1 発光層による発光と第 2 発光層による発光とを組み合わせ得られる発光色の発光強度を向上させることができる。

#### 【0013】

この場合、好ましくは、第 1 発光層は、オレンジ色発光層を含み、第 2 発光層は、青色発光層を含み、第 1 発光層と第 2 発光層とにより白色発光が得られる。このように構成すれば、容易に、オレンジ色発光層および青色発光層により、発

光効率および素子寿命が向上された白色発光を得ることができる。

#### 【0014】

この発明の第2の局面による発光素子は、発光取り出し面から複数の層を介して形成された第1の極大波長帯域 $\lambda_X$ を有する第1発光層と、第1発光層に対して積層するように形成され、第1の極大波長帯域 $\lambda_X$ とは異なる第2の極大波長帯域 $\lambda_Y$ を有する第2発光層とを備えている。そして、第1発光層の第1の極大波長帯域 $\lambda_X$ による発光スペクトルと第2発光層の第2の極大波長帯域 $\lambda_Y$ による発光スペクトルとが増強されるように、以下の式を用いて、第1発光層の発光位置から発光取り出し面までの第1光学膜厚範囲 $L_1$ と、第2発光層の発光位置から発光取り出し面までの第2光学膜厚範囲 $L_2$ とが設定されているとともに、複数の層、第1発光層および第2発光層の各膜厚が設定されている。

#### 【0015】

$$L_1 = \lambda_X / 4 \times m_1 = n_{11}d_1 + n_{21}d_2 + \dots + n_{k1}d_k$$

$$L_2 = \lambda_Y / 4 \times m_2 = n_{12}d_1 + n_{22}d_2 + \dots + n_{k2}d_k$$

$m_1, m_2$ : 1以上の正の整数 (ただし、 $m_1, m_2$ の小数部分は0.2以下または0.8以上)

$d_1, d_2, \dots, d_k$ : 各層の膜厚

$n_{11}, n_{21}, \dots, n_{k1}$ :  $\lambda_X$ における各層の屈折率

$n_{12}, n_{22}, \dots, n_{k2}$ :  $\lambda_Y$ における各層の屈折率

この第2の局面による発光素子では、上記のように、第1発光層の第1の極大波長帯域 $\lambda_X$ による発光スペクトルと第2発光層の第2の極大波長帯域 $\lambda_Y$ による発光スペクトルとが増強されるように、上記の式を用いて、複数の層、第1発光層および第2発光層の各膜厚を設定することによって、第1発光層の第1の極大波長帯域の発光スペクトルと第2発光層の第2の極大波長帯域の発光スペクトルとをそれぞれ増強することができるので、第1発光層の色純度および第2発光層の色純度を向上させることができる。

#### 【0016】

上記第2の局面による発光素子において、好ましくは、第1の極大波長帯域 $\lambda_X$ は、赤色の極大波長帯域 $\lambda_1$ を含み、第2の極大波長帯域 $\lambda_Y$ は、青色の極大波

長波長域 $\lambda_2$ と緑色の極大波長域 $\lambda_3$ とを含み、赤色および青色の極大波長域が  
増強されるように、第1光学膜厚範囲 $L_1$ と第2光学膜厚範囲 $L_2$ とが設定されて  
いるとともに、複数の層、第1発光層および第2発光層の各膜厚が設定されてい  
る。このように構成すれば、赤色および青色の極大波長域を増強することがで  
きる。カラーフィルタを用いた場合に、赤色および青色の色純度を向上させ  
ることができる。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体化した実施形態を図面に基づいて説明する。

#### 【0018】

##### (第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態による有機EL素子を示した断面図である。図  
2は、図1に示した第1実施形態による有機EL素子によって得られる発光色を  
説明するための特性図である。

#### 【0019】

まず、図1を参照して、第1実施形態による有機EL素子の構造について説明  
する。この第1実施形態による有機EL素子では、ガラス基板1上に、ITO（  
Indium Tin Oxide）からなる透明陽極2が形成されている。透  
明陽極2上には、CuPCとフルオロカーボン重合膜（ $CF_x$ ）との積層膜から  
なるホール注入層3が形成されている。ホール注入層3上には、NPBからなる  
ホール輸送層4が形成されている。ホール輸送層4上には、ホスト材料であるN  
PBに発光ドーパント材料であるDBzRが含有されたオレンジ色発光層5が形  
成されている。オレンジ色発光層5上には、ホスト材料であるTBADNに発光  
ドーパントとしてのTBPが含有された青色発光層6が形成されている。

#### 【0020】

なお、オレンジ色発光層5は、本発明の「第1発光層」の一例であり、青色発  
光層6は、本発明の「第2発光層」の一例である。ここで、オレンジ色発光層5  
は、赤色（R）に対応する極大波長域 $\lambda_1$ （560nm～630nm）を有す  
る。また、青色発光層6は、青色（B）に対応する極大波長域 $\lambda_2$ （430n

m~480nm)と、緑色(G)に対応する極大波長帯域 $\lambda_3$ (480nm~550nm)との2つの極大波長帯域を有する。

#### 【0021】

青色発光層6上には、Alqからなる電子輸送層7が形成されている。電子輸送層7上には、LiFからなる電子注入層8が形成されている。電子注入層8上には、Alからなる陰極9が形成されている。

#### 【0022】

オレンジ色発光層5による発光と、青色発光層6による発光とによって、図2に示すように、白色発光が得られる。そして、この白色発光がガラス基板1の発光取り出し面1aから出射される。また、カラーフィルタ(図示せず)を用いる場合には、赤色(R)、緑色(G)および青色(B)のフルカラーの発光が得られる。

#### 【0023】

ここで、第1実施形態による有機EL素子では、オレンジ色発光層5による発光と青色発光層6による発光とを組み合わせ得られる白色発光の発光強度が増強されるように、ガラス基板1、透明陽極2、ホール注入層3、ホール輸送層4、オレンジ色発光層5および青色発光層6の各膜厚を設定している。

#### 【0024】

具体的には、オレンジ色発光層5の赤色(R)に対応する極大波長帯域 $\lambda_1$ (560nm~630nm)と、青色発光層6の青色(B)に対応する極大波長帯域 $\lambda_2$ (430nm~480nm)および緑色(G)に対応する極大波長帯域 $\lambda_3$ (480nm~550nm)との3つの極大波長帯域のそれぞれを増強するように、以下の式(1)を用いて、赤色(R)におけるオレンジ色発光層5の発光位置(オレンジ色発光層5の上面)から発光取り出し面1aまでの光学膜厚範囲 $L_1$ と、青色における青色発光層6の発光位置(青色発光層6の上面)から発光取り出し面1aまでの光学膜厚範囲 $L_2$ と、緑色における青色発光層6の発光位置(青色発光層6の上面)から発光取り出し面1aまでの光学膜厚範囲 $L_3$ とを設定するとともに、ガラス基板1、透明陽極2、ホール注入層3、ホール輸送層4、オレンジ色発光層5および青色発光層6の各膜厚を設定している。

## 【0025】

$$L_1 = \lambda_1 / 4 \times m_1 = n_{11}d_1 + n_{21}d_2 + n_{31}d_3 + n_{41}d_2 + n_{51}d_1$$

$$L_2 = \lambda_2 / 4 \times m_2 = n_{12}d_1 + n_{22}d_2 + n_{32}d_3 + n_{42}d_4 \\ + n_{52}d_5 + n_{62}d_6 \quad \cdot \cdot (1)$$

$$L_3 = \lambda_3 / 4 \times m_3 = n_{13}d_1 + n_{23}d_2 + n_{33}d_3 + n_{43}d_4 \\ + n_{53}d_5 + n_{63}d_6$$

$m_1, m_2, m_3$ : 1以上の正の整数 (ただし、 $m_1, m_2, m_3$ の小数部分は  
0.2以下または0.8以上)

$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$ : 各層の膜厚

$n_{11}, n_{21}, n_{31}, n_{41}, n_{51}$ :  $\lambda_1$ における各層の屈折率

$n_{12}, n_{22}, n_{32}, n_{42}, n_{52}, n_{62}$ :  $\lambda_2$ における各層の屈折率

$n_{13}, n_{23}, n_{33}, n_{43}, n_{53}, n_{63}$ :  $\lambda_3$ における各層の屈折率

図3は、上記の式(1)を用いて求めた第1実施形態と、上記式(1)を満たさない比較例1および比較例2との有機層の組成および膜厚を示した図である。図3を参照して、第1実施形態では、ホール輸送層4および青色発光層6の膜厚を変化させて第1実施形態と、比較例1および比較例2との膜厚差を設けている。

## 【0026】

また、図4は、第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の各波長に対する $m$ の値を示した図であり、図5は、第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の各波長に対する各層の屈折率を示した特性図である。図4においては、赤色(R)に対応する極大波長帯域 $\lambda_1$ を570nm、青色(B)に対応する極大波長帯域 $\lambda_2$ を460nm、緑色(G)に対応する極大波長帯域 $\lambda_3$ を510nmとし、各波長に対するガラス基板1、透明陽極2、ホール注入層3、ホール輸送層4、オレンジ色発光層5および青色発光層6の屈折率 $n_{11} \sim n_{51}$ ,  $n_{12} \sim n_{62}$ ,  $n_{13} \sim n_{63}$ を図5に示す値として、上記式(1)に挿入することによって、各波長に対する $m$ の値( $m_1, m_2, m_3$ )を計算した。

## 【0027】

図4を参照して、第1実施形態では、 $m$ の値( $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ )の小数部分が全て上記式(1)の0.2以下または0.8以上であるという条件を満たしている。これに対して、比較例1および比較例2では、 $m$ 値( $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ )の小数部分が全て上記式(1)の0.2以下または0.8以上であるという条件を満たしていない。

#### 【0028】

図6は、 $m$ の値の小数值と発光取り出し強度との関係を示した相関図である。図6を参照して、 $m$ の値が整数に近いほど発光強度が大きくなっていることがわかる。本実施形態では、この点を考慮して、上記式(1)において、 $m$ の値の小数值部分を0.2以下または0.8以上の範囲に設定することによって、発光強度を大きくすることができるようにしている。

#### 【0029】

また、図7は、第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の電圧、色度および発光効率を示した特性図である。図7を参照して、第1実施形態では、上記の式(1)を満たすように各層1～6の膜厚を設定することによって、発光効率が比較例1および比較例2に比べて向上していることがわかる。また、第1実施形態では、一定の電流を流したときの動作電圧も、比較例1および比較例2に比べて低減されていることがわかる。なお、色度については、第1実施形態の有機EL素子によって得られる色度よりも、比較例1および2によって得られる色度の方が、白色の理想的な色度(CIE X: 0.315, CIE Y: 0.315)により近いので、比較例1および2の方が白色の純度が高い。

#### 【0030】

図8は、第1実施形態、比較例1および比較例2による波長に対するEL強度を示した特性図であり、図9は、第1実施形態、比較例1および比較例2による時間に対する輝度を測定した結果を示した特性図である。

#### 【0031】

図8を参照して、上記式(1)の条件を満たす第1実施形態では、青色、緑色およびオレンジ色(赤色)の発光スペクトルがほぼ同様に大きくなっているととも、全体として、R(赤色)、G(緑色)およびB(青色)のピーク強度が揃

っていることがわかる。これに対して、上記式（１）の条件を満たさない比較例 1 では、青色に対応する発光スペクトルのみ大きくなっており、オレンジ色（赤色）に対応する発光スペクトルは小さくなっていることがわかる。また、上記式（１）の条件を満たさない比較例 2 では、青色、緑色およびオレンジ色（赤色）の全体の波長に亘って発光スペクトルが小さくなっていることがわかる。

#### 【0032】

また、図 9 に示すように、上記式（１）の条件を満たす第 1 実施形態では、上記式（１）の条件を満たさない比較例 1 および比較例 2 に比べて、輝度が高くなっていることがわかる。また、図 9 から、第 1 実施形態では、素子寿命（輝度が半分になるまでの時間）が、比較例 1 および比較例 2 よりも向上していると言える。これは、発光効率の向上によって、素子に多くの電流を流す必要がないので、素子の劣化を抑制することができるからである。

#### 【0033】

第 1 実施形態では、上記のように、オレンジ色発光層 5 の赤色（R）に対応する極大波長帯域  $\lambda_1$ （560 nm～630 nm）と、青色発光層 6 の青色（B）に対応する極大波長帯域  $\lambda_2$ （430 nm～480 nm）および緑色（G）に対応する極大波長帯域  $\lambda_3$ （480 nm～550 nm）との 3 つの極大波長帯域のそれぞれを増強するように、式（１）を用いて、ガラス基板 1、透明陽極 2、ホール注入層 3、ホール輸送層 4、オレンジ色発光層 5 および青色発光層 6 の各膜厚を設定することによって、オレンジ色発光層 5 による発光および青色発光層 6 による発光を組み合わせ得られる白色の発光強度を向上させることができる。その結果、複数の発光層を含む有機 EL 素子において、発光効率および素子寿命を向上させることができる。

#### 【0034】

##### （第 2 実施形態）

図 10 は、本発明の第 2 実施形態による有機 EL 素子の構造を示した断面図である。この第 2 実施形態では、有機 EL 素子の発光強度を向上させた第 1 実施形態と異なり、有機 EL 素子の色純度を向上させる例について説明する。

#### 【0035】

この第2実施形態による有機EL素子では、図10に示すように、ガラス基板1上に、ITOからなる透明陽極2が形成されている。透明陽極2上には、CuPCとCF<sub>x</sub>との積層膜からなるホール注入層3が形成されている。ホール注入層3上には、NPBからなるホール輸送層4が形成されている。ホール輸送層4上には、ホスト材料であるNPBに発光ドーパントであるDB<sub>z</sub>Rが含有されたオレンジ色発光層5が形成されている。オレンジ色発光層5上には、ホスト材料であるTBADNに、発光ドーパントであるTBPが含有された青色発光層6aが形成されている。なお、青色発光層6aは、本発明の「第2発光層」の一例である。

#### 【0036】

青色発光層6a上には、Alqからなる電子輸送層7が形成されている。電子輸送層7上には、LiFからなる電子注入層8が形成されている。電子注入層8上には、Alからなる陰極9が形成されている。

#### 【0037】

この第2実施形態による有機EL素子では、オレンジ色発光層5と、青色発光層6aとによって、白色の発光が得られる。そして、この白色発光がガラス基板1の発光取り出し面1aから出射される。また、カラーフィルタ（図示せず）を用いる場合には、赤色（R）、緑色（G）および青色（B）のフルカラーの発光が得られる。

#### 【0038】

ここで、第2実施形態では、オレンジ色発光層5による発光の色純度と青色発光層6aによる発光の色純度とが向上されるように、ガラス基板1、透明陽極2、ホール注入層3、ホール輸送層4、オレンジ色発光層5および青色発光層6aの各膜厚を設定している。

#### 【0039】

具体的には、オレンジ色発光層5の赤色（R）に対応する極大波長帯域 $\lambda_1$ （560nm～630nm）と、青色発光層6aの青色（B）に対応する極大波長帯域 $\lambda_2$ （430nm～480nm）との2つの極大波長帯域のそれぞれを増強するように、以下の式（2）を用いて、赤色（R）におけるオレンジ色発光層5



の発光位置（オレンジ色発光層 5 の上面）から発光取り出し面 1 a までの光学膜厚範囲  $L_1$  と、青色における青色発光層 6 a の発光位置（青色発光層 6 a の上面）から発光取り出し面 1 a までの光学膜厚範囲  $L_2$  とを設定するとともに、ガラス基板 1、透明陽極 2、ホール注入層 3、ホール輸送層 4、オレンジ色発光層 5 および青色発光層 6 a の各膜厚  $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$ 、 $d_4$ 、 $d_5$  および  $d_6$  を設定している。

### 【0 0 4 0】

$$L_1 = \lambda_1 / 4 \times m_1 = n_{11}d_1 + n_{21}d_2 + n_{31}d_3 + n_{41}d_4 + n_{51}d_5$$

$$L_2 = \lambda_2 / 4 \times m_2 = n_{12}d_1 + n_{22}d_2 + n_{32}d_3 + n_{42}d_4 + n_{52}d_5 + n_{62}d_6 \quad \cdot \cdot \quad (2)$$

$m_1, m_2$ : 1 以上の正の整数（ただし、 $m_1, m_2$  の小数部分は 0. 2 以下または 0. 8 以上）

$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$ : 各層の膜厚

$n_{11}, n_{21}, n_{31}, n_{41}, n_{51}$ :  $\lambda_1$  における各層の屈折率

$n_{12}, n_{22}, n_{32}, n_{42}, n_{52}, n_{62}$ :  $\lambda_2$  における各層の屈折率

図 1 1 は、上記式 (2) の条件を満たす第 2 実施形態と上記式 (2) の条件を満たさない比較例 1 および比較例 2 との有機層の組成および膜厚を示した図である。図 1 1 を参照して、第 2 実施形態では、ホール輸送層 4 および青色発光層 6 a の膜厚を変化させて第 2 実施形態と、比較例 1 および比較例 2 との膜厚差を設けている。

### 【0 0 4 1】

また、図 1 2 は、第 2 実施形態、比較例 1 および比較例 2 による有機 EL 素子の各波長に対する  $m$  の値を示した図であり、図 1 3 は、第 2 実施形態、比較例 1 および比較例 2 による有機 EL 素子の各波長に対する各層の屈折率を示した特性図である。図 1 2 においては、赤色 (R) に対応する極大波長帯域  $\lambda_1$  を 5 7 0 nm、青色 (B) に対応する極大波長帯域  $\lambda_2$  を 4 6 0 nm、緑色 (G) に対応する極大波長帯域  $\lambda_3$  を 5 1 0 nm とし、各波長に対するガラス基板 1、透明陽極 2、ホール注入層 3、ホール輸送層 4、オレンジ色発光層 5 および青色発光層 6 a の屈折率  $n_{11} \sim n_{51}$ ,  $n_{12} \sim n_{62}$  を図 1 3 に示す値として、上記式 (2) に挿入することによって、各波長に対する  $m$  の値 ( $m_1, m_2$ ) を計算した。

## 【0042】

この場合、第2実施形態では、赤色（R）に対応する極大波長帯域 $\lambda_1$ および青色（B）に対応する極大波長帯域 $\lambda_2$ の2つの波長帯域のみを増強し、緑色（G）に対応する極大波長帯域 $\lambda_3$ は増強しない。すなわち、赤色（R）に対応する極大波長帯域 $\lambda_1$ および青色（B）に対応する極大波長帯域 $\lambda_2$ の2つの波長帯域のみ、上記式（2）の $m$ の値の小数部分が0.2以下または0.8以上であるという条件を満たし、緑色（G）に対応する極大波長帯域 $\lambda_3$ については、上記式（2）の $m$ の値の小数部分が0.2以下または0.8以上であるという条件を満たさないように、各層1～6aの膜厚 $d_1 \sim d_6$ を設定する。

## 【0043】

また、図12に示すように、第2実施形態では、 $m$ の値（ $m_1$ ,  $m_2$ ）の小数部分が全て上記式（1）の0.2以下または0.8以上であるという条件を満たしている。これに対して、比較例1および比較例2では、 $m$ の値（ $m_1$ ,  $m_2$ ）の小数部分が全て上記式（1）の0.2以下または0.8以上であるという条件を満たしていない。

## 【0044】

また、図14は、第2実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の動作電圧、色度および発光効率を示した図である。図14を参照して、第2実施形態の有機EL素子によって得られる色度は、比較例1および2によって得られる色度に比べて、白色の理想的な色度（CIE X: 0.315, CIE Y: 0.315）により近いので、高い色純度の白色発光を得ることができることが判明した。また、発光効率についても、第2実施形態は、比較例1および比較例2よりも大きくなっている。ただし、第2実施形態では、図14に示すように、良好な色度を得るために膜厚を設定したため、動作電圧については、第2実施形態は、比較例1および比較例2よりも大きくなっている。

## 【0045】

また、図15は、第1実施形態、比較例1および比較例2による波長に対するEL強度を示した特性図である。図15を参照して、第2実施形態では、特に、青色およびオレンジ色（赤色）に対応するピークが、比較例1および比較例2に

比べて増強されていることがわかる。これにより、カラーフィルタを使用した場合に、色純度の高い青色（B）および赤色（R）を実現することができる。

#### 【0046】

第2実施形態では、上記のように、オレンジ色発光層5の赤色（R）に対応する発光スペクトルと、青色発光層6aの青色（B）に対応する発光スペクトルとが増強されるように、上記の式（2）を用いて、ガラス基板1、透明陽極2、ホール注入層3、ホール輸送層4、オレンジ色発光層5および青色発光層6aの各膜厚を設定することによって、オレンジ色発光層5の赤色に対応する発光スペクトルと青色発光層6aの青色に対応する発光スペクトルとを増強することができるので、カラーフィルタを使用した場合に、色純度の高い青色（B）および赤色（R）を得ることができる。

#### 【0047】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

#### 【0048】

たとえば、上記第1実施形態では、オレンジ色発光層と青色発光層との2層を含む有機EL素子の発光強度を向上させて発光効率および発光寿命を向上させる例について説明したが、本発明はこれに限らず、各々発光波長の異なる3層以上の発光層を有する有機EL素子においても、同様の方法を用いて、発光効率および発光寿命を向上させることができる。たとえば、赤色（R）、緑色（G）および青色（B）をそれぞれ発光する3つの発光層を有する有機EL素子にも適用可能である。

#### 【0049】

また、第2実施形態では、オレンジ色発光層と青色発光層との2つの発光層を有する有機EL素子において、赤色および青色の色純度を向上させる例について説明したが、本発明はこれに限らず、3層以上の発光層を有する場合においても、同様の方法を用いて、色純度を向上させることができる。たとえば、赤色（R

）、緑色（G）および青色（B）をそれぞれ発光する3つの発光層を有する有機EL素子にも適用可能である。

【0050】

また、上記実施形態では、オレンジ色発光層および青色発光層によって白色を発光する例について説明したが、本発明はこれに限らず、複数の発光層を用いて他の色を発光する場合について適用可能である。

【0051】

また、上記実施形態では、発光層の発光位置を発光層の上面と仮定したが、本発明はこれに限らず、発光層の発光位置を発光層の他の位置に仮定してもよい。

【0052】

また、上記実施形態では、発光素子の一例としての有機EL素子について説明したが、本発明はこれに限らず、他の発光素子にも同様に適用可能である。

【0053】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、発光効率および発光寿命を向上させることが可能な複数の発光層を含む発光素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態による有機EL素子を示した断面図である。

【図2】

図1に示した第1実施形態の有機EL素子により得られる発光色（白色）を説明するための特性図である。

【図3】

第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の各層の組成および膜厚を示した図である。

【図4】

第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の各波長に対するmの値を示した図である。

【図5】

第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の各波長に対する各層の屈折率を示した特性図である。

【図6】

本発明の第1実施形態による有機EL素子の $m$ の値の小数值と発光取り出し強度との関係を示した相関図である。

【図7】

第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の電圧、色度および発光効率を示した特性図である。

【図8】

第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の波長に対するEL強度を示した特性図である。

【図9】

第1実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の時間に対する輝度を示した特性図である。

【図10】

本発明の第2実施形態による有機EL素子を示した断面図である。

【図11】

第2実施形態による有機EL素子と比較例1および比較例2による有機EL素子の各層の組成および膜厚を示した図である。

【図12】

第2実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の各波長に対する $m$ の値を示した図である。

【図13】

第2実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の各波長に対する各層の屈折率を示した特性図である。

【図14】

第2実施形態、比較例1および比較例2による有機EL素子の動作電圧、色度および発光効率を示した図である。

【図15】

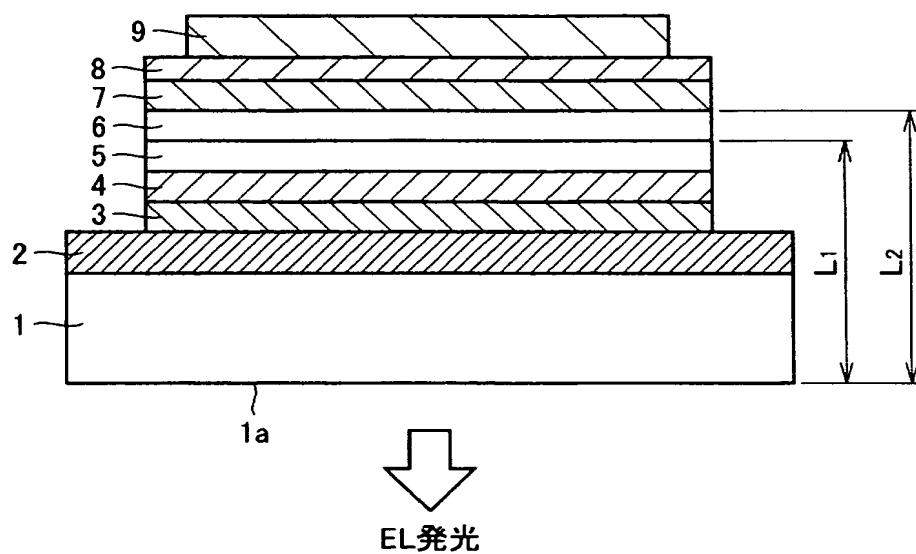
第 2 実施形態、比較例 1 および比較例 2 による有機 E L 素子の波長に対する E L 強度を示した特性図である。

【符号の説明】

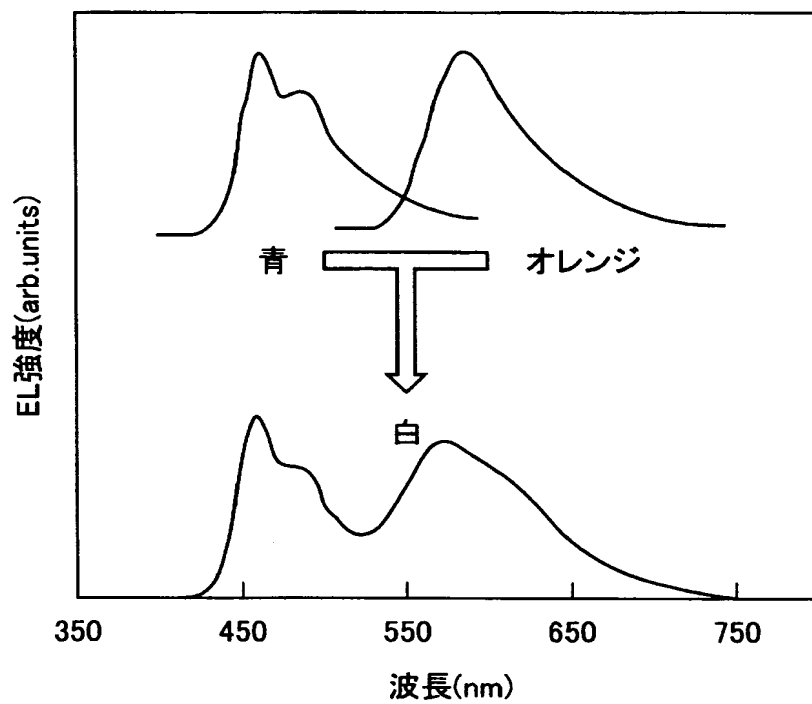
- 1 ガラス基板
- 1 a 発光取り出し面
- 2 透明陽極
- 3 ホール注入層
- 4 ホール輸送層
- 5 オレンジ色発光層（第 1 発光層）
- 6 青色発光層（第 2 発光層）
- 6 a 青色発光層（第 2 発光層）
- 7 電子輸送層
- 8 電子注入層
- 9 陰極

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【図 3】

	ガラス 基板	透明 陽極	ホール注入層		ホール 輸送層	オレンジ色発光層		青色発光層		電子輸送層	電子注入層 ／陰極
			CuPC (nm)	CFx (nm)		NPB (nm)	DBzR (%)	TBADN (nm)	TBP (%)		
比較例2	Glass (mm)	ITO (nm)	10	2	NPB (nm)	10	そのうち3%	60	そのうち5%	Alq (nm)	LiF/Al (nm/nm)
比較例1	0.7	85	10	2	70	10	そのうち3%	20	そのうち5%	10	1/200
第1実施形態	0.7	85	10	2	65	10	そのうち3%	35	そのうち5%	10	1/200



【図 4】

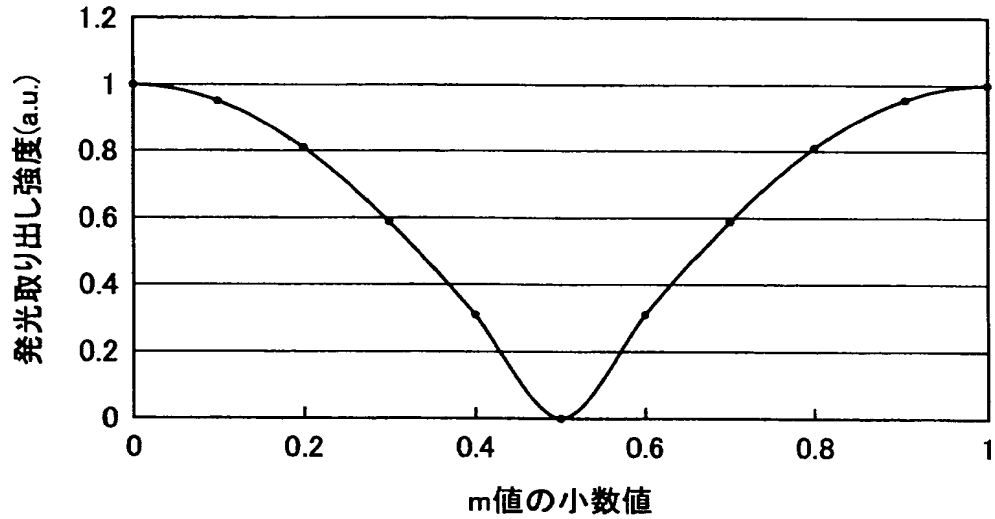
	Glass	ITO	CuPC+CFx	NPB	NPB+DBzR	TBADN+TBP	Alq	光学膜厚合計	m値の小数部分	$\lambda$ (nm)
比較例 2	膜厚(nm)	85	12	70	10	60	10			
	赤の光学距離	153	13.2	126	18			10850310	0.528	570
	青の光学距離	170	19.2	126	18	108		10850441	0.663	460
	緑の光学距離	170	18	126	18	108		10850440	0.490	510
比較例 1	膜厚(nm)	85	12	70	10	20	10			
	赤の光学距離	153	13.2	126	18			10850310	0.528	570
	青の光学距離	170	19.2	126	18	36		10850369	0.037	460
	緑の光学距離	170	18	126	18	36		10850368	0.925	510
第1 実施 形態	膜厚(nm)	85	12	65	10	35	10			
	赤の光学距離	153	13.2	117	18			1085301.2	0.149	570
	青の光学距離	170	19.2	117	18	63		1085387.2	0.150	460
	緑の光学距離	170	18	117	18	63		1085386	0.831	510

【図 5】

赤、緑、青の各波長における各層の屈折率

測定波長(nm)	Glass	ITO	CuPC+CF <sub>x</sub>	NPB	NPB+DBzR	TBADN+TBP
570(赤)	1.55	1.8	1.1	1.8	1.8	1.8
460(青)	1.55	2	1.6	1.8	1.8	1.8
510(緑)	1.55	2	1.5	1.8	1.8	1.8

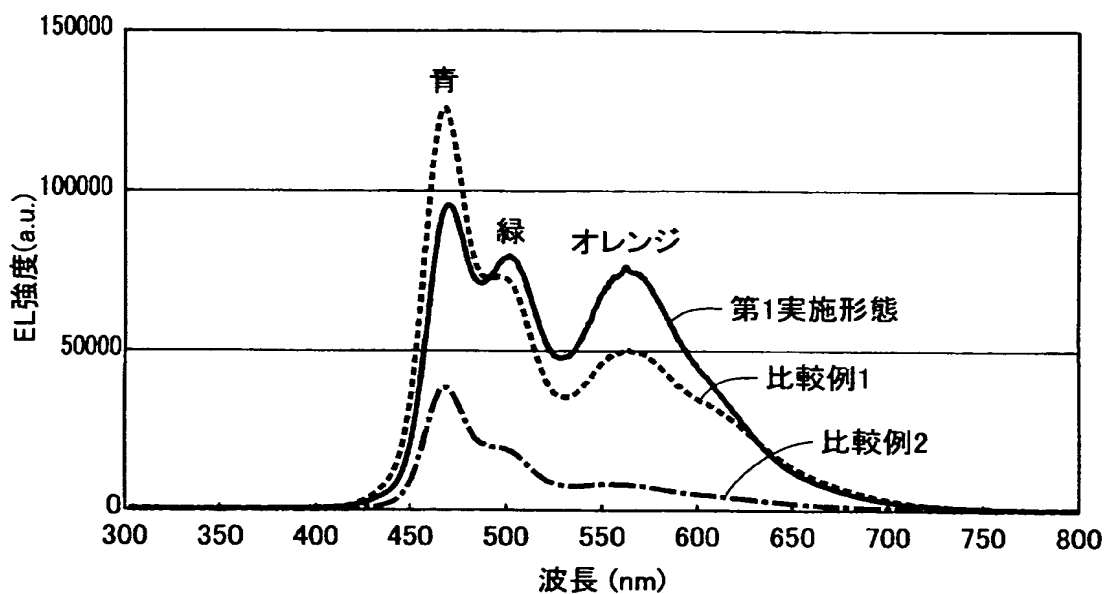
【図 6】



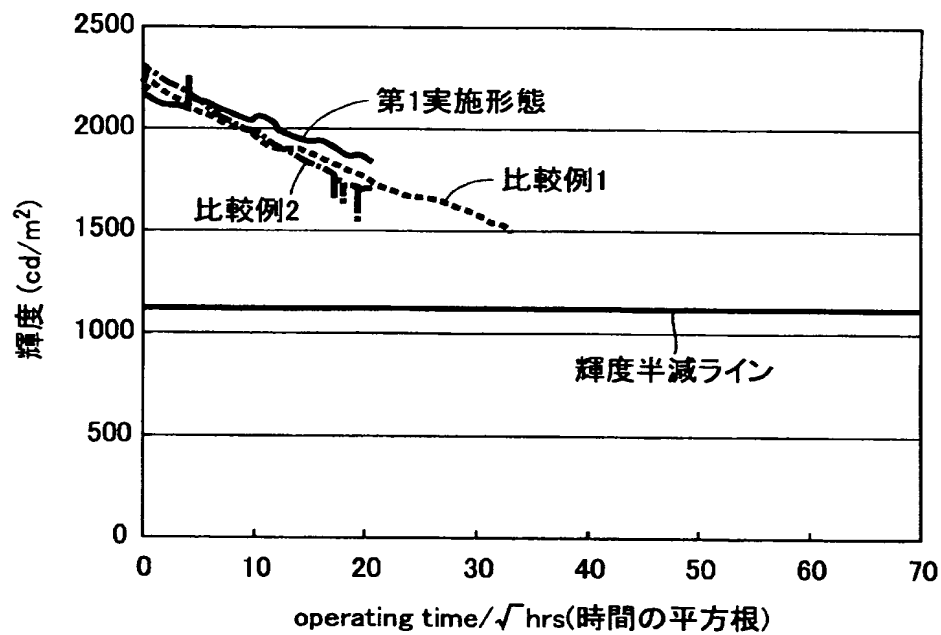
【図 7】

	動作 電圧	色度		発光 効率
		CIE X	CIE Y	
比較例2	6.78	0.25	0.29	8.62
比較例1	6.58	0.27	0.32	11.16
第1実施形態	6.35	0.29	0.39	13.31

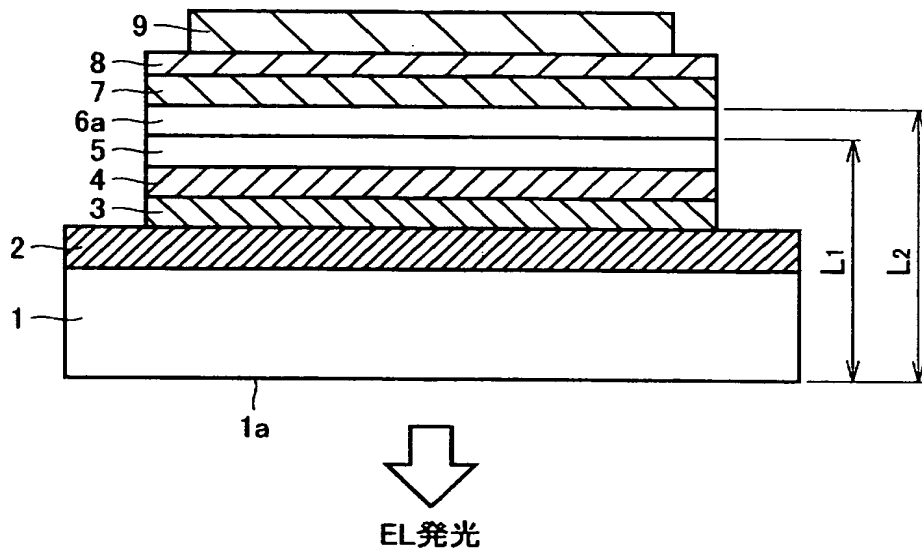
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

	ガラス 基板	透明 陽極	ホール注入層		ホール 輸送層	オレンジ色発光層		青色発光層		電子 輸送層	電子注入層 ／陰極
			CuPC (nm)	CFx (nm)		NPB (nm)	DBzR (%)	TBADN (nm)	TBP (%)		
比較例1	Glass (mm)	ITO (nm)	10	2	NPB (nm)	10	そのうち3%	95	そのうち5%	Alq (nm)	LiF / Al (nm/nm)
			10	2	NPB (nm)	10	そのうち3%	75	そのうち5%	10	1/200
比較例2	0.7	85	10	2	NPB (nm)	10	そのうち3%	75	そのうち5%	10	1/200
第2実施形態	0.7	85	10	2	NPB (nm)	10	そのうち3%	75	そのうち5%	10	1/200

【図 12】

	Glass	ITO	CuPC+CFx	NPB	NPB+DBzR	TBADN+TBP	Alq	光学膜厚合計	m 値の小数部分	$\lambda$ (nm)
比較例1	膜厚(nm)	85	12	50	10	95	10			
	赤の光学距離	1085000	153	90	18			1085274.2	0.959	570
	青の光学距離	1085000	170	90	18	171		1085387.2	0.150	460
	緑の光学距離	1085000	170	90	18	171		1085386	0.831	510
比較例2	膜厚(nm)	85	12	40	10	75	10			
	赤の光学距離	1085000	153	72	18			1085256.2	0.833	570
	青の光学距離	1085000	170	72	18	135		1085333.2	0.680	460
	緑の光学距離	1085000	170	72	18	135		1085332	0.408	510
第2実施形態	膜厚(nm)	85	12	60	10	75	10			
	赤の光学距離	1085000	153	108	18			1085292.2	0.086	570
	青の光学距離	1085000	170	108	18	135		1085369.2	0.993	460
	緑の光学距離	1085000	170	108	18	135		1085368	0.690	510

【図 1 3】

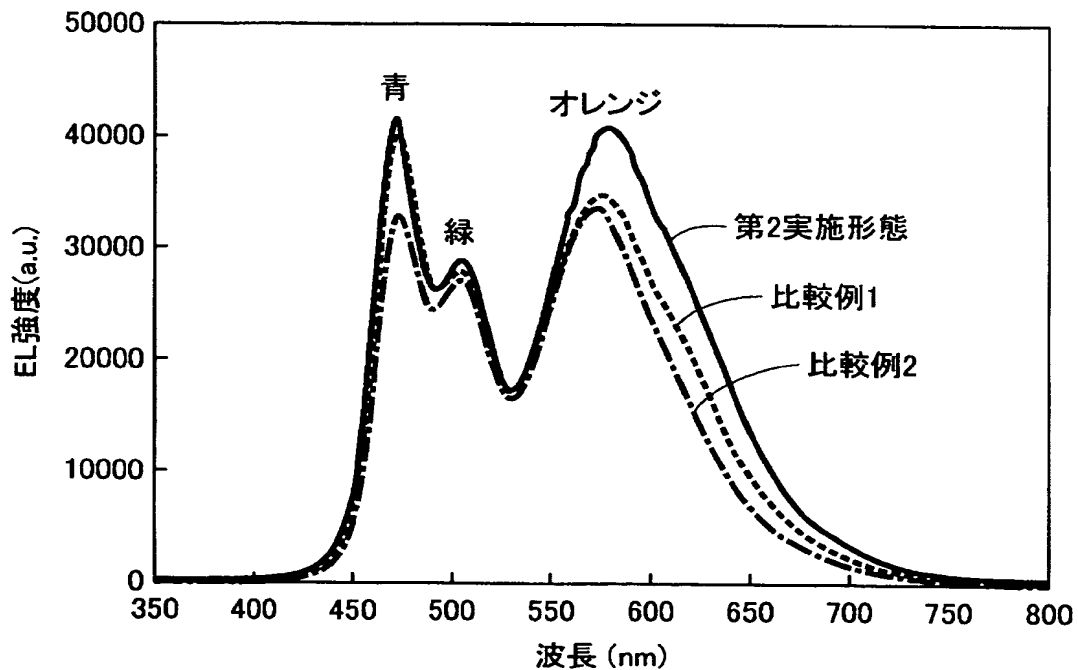
赤、緑、青の各波長における屈折率

測定波長(nm)	Glass	ITO	CuPC+CFx	NPB	NPB+DBzR	TBADN+TBP
570(赤)	1.55	1.8	1.1	1.8	1.8	1.8
460(青)	1.55	2	1.6	1.8	1.8	1.8
510(緑)	1.55	2	1.5	1.8	1.8	1.8

【図 1 4】

	動作 電圧	色度		発光 効率
		CIE X	CIE Y	
	(V)			(cd/A)
比較例1	5.37	0.36	0.40	8.14
比較例2	5.15	0.36	0.42	7.42
第2実施形態	6.71	0.35	0.39	10.02

【図 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 発光効率および発光寿命が向上された複数の発光層を有する発光素子を提供する。

【解決手段】 この発光素子（有機EL素子）は、オレンジ色発光層5による発光と青色発光層6による発光とを組み合わせ得られる白色の発光強度が増強されるように、以下の式（1）を用いて各層1～6の膜厚 $d_1 \sim d_6$ が設定されている。

$$L_1 = \lambda_1 / 4 \times m_1 = n_{11}d_1 + n_{21}d_2 + n_{31}d_3 + n_{41}d_2 + n_{51}d_1$$

$$L_2 = \lambda_2 / 4 \times m_2 = n_{12}d_1 + n_{22}d_2 + n_{32}d_3 + n_{42}d_4 \\ + n_{52}d_5 + n_{62}d_6 \quad \dots (1)$$

$$L_3 = \lambda_3 / 4 \times m_3 = n_{13}d_1 + n_{23}d_2 + n_{33}d_3 + n_{43}d_4 \\ + n_{53}d_5 + n_{63}d_6$$

$m_1, m_2, m_3$ ：1以上の正の整数（ただし、 $m_1, m_2, m_3$ の小数部分は0.2以下または0.8以上）、 $n$ ：屈折率、 $L$ ：光学膜厚範囲、 $\lambda$ ：極大波長帯域

【選択図】 図1



特願 2 0 0 2 - 2 8 7 4 1 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 8 8 9 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 4 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 1 8 番地  
氏 名 三洋電機株式会社
2. 変更年月日 1 9 9 3 年 1 0 月 2 0 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
氏 名 三洋電機株式会社